

# Sachgerechte und verantwortungsbewusste Anwendung von Glyphosat-Herbiziden im Thüringer Ackerbau

Ergebnisse im Projekt  
„Minimierungsstrategie - Glyphosat“



## **Impressum**

Herausgeber: Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum  
Naumburger Str. 98, 07743 Jena  
Tel.: 0361 574041-000, Fax: 0361 574041-390  
Mail: [postmaster@tllr.thueringen.de](mailto:postmaster@tllr.thueringen.de)

Foto auf Titelseite: K. Ewert

März 2020

### **Copyright:**

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

# Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Ausgangssituation .....	4
2	Zulassung von Glyphosat-Herbiziden .....	6
3	Anwendung von Glyphosat-Herbiziden .....	6
3.1	Angepasste Herbizidmengen.....	6
3.2	Optimale Spritzbrühe.....	8
3.3	Verwendung Zusatzstoffe .....	8
3.4	Teilflächenbehandlung .....	9
3.5	Moderne Spritztechnik.....	10
3.6	Gezielte Verwendung .....	10
4	Mechanische Unkrautbekämpfung als Alternative zum Glyphosat-Einsatz.....	11
4.1	Allgemeine Hinweise .....	11
4.2	Ergebnisse des Maschinenvergleichs (2018 und 2019).....	11
4.2.1	Grubber.....	14
4.2.2	Scheibeneggen .....	22
4.2.3	Sonderbauformen .....	29
4.2.4	Gesamteinschätzung des Maschinenvergleichs.....	31
4.3	Erhebungen auf Praxisflächen (2018 und 2019) .....	32
5	Zusammenfassung.....	33

# 1 Hintergrund und Ausgangssituation

Der Wirkstoff Glyphosat kommt bereits seit den siebziger Jahren zur nicht-selektiven Unkrautbekämpfung vor allem in der Landwirtschaft zum Einsatz. Aufgrund agronomischer Vorteile gehört Glyphosat zu den Herbiziden mit dem größten Anwendungsumfang.

Mit der Veröffentlichung des Bewertungsberichts im Antragsverfahren zur erneuten Wirkstoffgenehmigung in der Europäischen Union (EU) für Glyphosat in 2014 begannen öffentliche Diskussionen von Befürwortern und Gegnern des Einsatzes von Glyphosat. Mit der publizierten Feststellung der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) vom März 2015, dass Glyphosat nach Auswertung der weltweit frei verfügbaren Literatur als wahrscheinlich krebserzeugend für den Menschen (Gruppe 2A) einzustufen ist, entwickelte sich in der breiten Öffentlichkeit recht schnell eine ablehnende Haltung gegen den bisherigen sowie auch einen zukünftigen Einsatz von Glyphosat-Herbiziden. Dies blieb trotz der im November 2015 veröffentlichten EFSA-Schlussfolgerung, die bestätigte, dass bei einer sachgerechten Glyphosat-Anwendung im Rahmen der bestehenden Zulassung keine krebserzeugenden, erbgutverändernden oder entwicklungs-schädigenden Risiken beim Menschen zu erwarten sind, bestehen.

Ebenfalls im Jahr 2015 initiierte das Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (TMIL) das Projekt „Minimierungsstrategie - Glyphosat“. Ziel des mehrjährigen Projektes des Landesamtes für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR) ist, eine wirksame Reduzierung der Anwendung von Glyphosat insbesondere auf der Stoppel zu erreichen. Das Potential für eine entsprechende Reduzierung wird im Ausmaß von mindestens einem Drittel der Anwendungen gesehen.

Am 2. September 2016 fasste der Thüringer Landtag den Beschluss, den Glyphosat-Einsatz zu begrenzen (Drucksache DS 6/2635). Einerseits wurden mit diesem Beschluss Verbote der Glyphosat-Anwendung im öffentlichen Bereich auf Nichtkulturlandflächen sowie in Haus- und Kleingärten und zur Vorerntebehandlung in der Landwirtschaft gefordert. Andererseits ist die Reduzierung der Anwendung von Herbiziden (insbesondere Glyphosat) im Rahmen des Nationalen Aktionsplans Pflanzenschutz sowie die Entwicklung praxistauglicher Alternativmethoden zum Glyphosat-Einsatz in den Fokus gerückt worden.

Im Frühjahr 2018 hat die Bundesregierung im Koalitionsvertrag festgeschrieben, den Ausstieg aus der Nutzung Glyphosat-haltiger Pflanzenschutzmittel so schnell wie möglich umzusetzen. Es ist somit davon auszugehen, dass Festlegungen getroffen werden, die ggf. schon in 2020 zu deutlichen Einschränkungen der Einsatzmöglichkeiten von Glyphosat-Mitteln führen können.

Mit der Vorlage der Zukunftsstrategie Ackerbau im Mai 2018 hat der im Zentrallausschuss der Deutschen Landwirtschaft organisierte Berufsstand zum Ausdruck gebracht, dass er den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau im Allgemeinen zwar als unverzichtbar ansieht, aber dennoch jeglicher Einsatz den Grundsätzen des Integrierten Pflanzenschutzes entsprechen muss. Für den zukünftigen Glyphosat-Einsatz bedeutet das, im Vorfeld mögliche mechanische Bekämpfungsmaßnahmen stärker als bisher zu berücksichtigen.

Die Notwendigkeit, den Glyphosat-Einsatz in Thüringen nachhaltig und spürbar zu reduzieren, ergibt sich einerseits aus den bestehenden, gesetzlichen Verpflichtungen bei der Umsetzung des Integrierten Pflanzenschutzes. Andererseits erfordert das absehbare, politische Handeln auf EU- sowie Deutschlandebene zusätzliche Anstrengungen, um praktikable Lösungen für eine wirksame Mittelreduzierung in Thüringen zu erreichen.

Einsparpotenzial bei Glyphosat-Herbiziden besteht vor allem bei der Anwendung auf der Stoppel. In Thüringen kommen ca. 70 % der ausgebrachten Glyphosatmenge in diesem Bereich zum Einsatz. Der Schwerpunkt liegt bei der Bekämpfung von Ausfallkulturen (vor allem Ausfallraps) und Unkräutern nach der Ernte. Aufgrund der wirtschaftlichen Vorteile wurde der Glyphosat-Einsatz teilweise fester Bestandteil des Produktionsablaufs. Der auf der Stoppel vorhandene Pflanzenaufwuchs lässt sich aber ebenso mit dem gezielten Einsatz von Bodenbearbeitungsgeräten beseitigen. Dadurch kann auf Glyphosat-Anwendungen auf der Stoppel verzichtet werden.

Ausgehend vom Stand der Zulassung werden in dieser Veröffentlichung, die nach Vorliegen der Ergebnisse im Thüringer Projekt „Minimierungsstrategie - Glyphosat“ erstellt worden ist, Möglichkeiten zur Reduzierung der Aufwandmenge und des Anwendungsumfangs bis hin zur mechanischen Unkrautbekämpfung als Alternative zum Glyphosat-Einsatz dargestellt.

## 2 Zulassung von Glyphosat-Herbiziden

Pflanzenschutzmittel (PSM) müssen nach dem Pflanzenschutzgesetz amtlich in Deutschland zugelassen sein. Dies setzt eine Genehmigung des Wirkstoffs in der EU nach der Zulassungsverordnung (VO (EG) Nr. 1107/2009) voraus.

Die EU-Kommission verlängerte in 2017 die Genehmigung von Glyphosat um weitere 5 Jahre bis zum 15. Dezember 2022. In diesem Zeitraum steht der Wirkstoff für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln in den Mitgliedsstaaten der EU grundsätzlich zur Verfügung.

Bei der amtlichen Zulassung von PSM erteilt das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) als Zulassungsbehörde Anwendungsauflagen zur Verminderung von Risiken für Mensch, Tier und Umwelt. Diese Vorgaben sind vom Anwender von PSM einzuhalten.

Bei Glyphosat-Herbiziden gibt es Auflagen für die Spätanwendung in ernterreifen Beständen (Vorernteanwendung). Weitere gesetzliche Regelungen und Anwendungsauflagen, wie die zum Erhalt der biologischen Vielfalt, sind zu erwarten.



Einschränkungen der Anwendung von Glyphosat-Herbiziden durch gesetzliche Regelungen oder Anwendungsauflagen werden erwartet. Vor der Anwendung dieser Mittel ist jeweils eine sorgfältige Prüfung der aktuellen Zulassungssituation vorzunehmen.

## 3 Anwendung von Glyphosat-Herbiziden

Reduzierte Aufwandmengen verringern die Umweltgefährdung und vermindern die Herbizidkosten. Zumeist reicht eine verringerte Aufwandmenge von Glyphosat-Herbiziden für den angestrebten Bekämpfungserfolg aus. Die Höhe der notwendigen Aufwandmenge ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Vor allem das zu bekämpfende Pflanzenspektrum sowie die Verwendung von Zusatzstoffen in der Spritzbrühe sind hier von Bedeutung.

### 3.1 Angepasste Herbizidmengen

Grundsätzlich ist es für die Wirkung von Vorteil, wenn eine große (und möglichst saubere) grüne Blattfläche für die Wirkstoffaufnahme vorhanden ist und sich die Pflanzen in wüchsigen Bedingungen (warmes, feuchtes Wetter) befinden.

**Tabelle 1: Aufwandmengen von Glyphosat gegen Ungräser**

Pflanzenart	AWM Glyphosat				Pflanzenart	AWM Glyphosat			
	40%	60%	80%	100%		40%	60%	80%	100%
Ackerfuchschwanz	● <sup>1</sup>	● <sup>2</sup>			Rispengras, Einjähr.	● <sup>1</sup>	● <sup>2</sup>		
Ausfallgetreide	●				Trespen	● <sup>1</sup>	● <sup>2</sup>		
Flughafer	● <sup>1</sup>	● <sup>2</sup>			W. Weidelgras	● <sup>1</sup>	● <sup>2</sup>		● <sup>3</sup>
Hühnerhirse		● <sup>1</sup>		● <sup>2</sup>	Windhalm	● <sup>1</sup>	● <sup>2</sup>		
Knautgras			●		Zwiewuchs Gerste		●		
Quecke		● <sup>4</sup>	● <sup>5</sup>	● <sup>6</sup>	Zwiewuchs Weizen			●	

1= bis Ende Bestockung;

3= größere Pflanzen

5= mittlerer Besatz (16-30 Triebe/m<sup>2</sup>);

2= ab Schossen;

4= geringer Besatz (0-15 Triebe/m<sup>2</sup>);

6= starker Besatz (> 30 Triebe/m<sup>2</sup>);

**Tabelle 2: Aufwandmengen von Glyphosat gegen Unkräuter**

Pflanzenart	AWM Glyphosat				Pflanzenart	AWM Glyphosat			
	40%	60%	80%	100%		40%	60%	80%	100%
A. Kratzdistel				● <sup>1</sup>	Hellerkraut		●		
Ackersenf	● <sup>2</sup>	● <sup>3</sup>			Hirtentäschel	● <sup>2</sup>	● <sup>3</sup>		
A. Stiefmütterchen		● <sup>2</sup>		● <sup>3</sup>	Hundskamille		●		
Ausfallraps	● <sup>5cm</sup>	● <sup>10cm</sup>		● <sup>15cm</sup> 4	Klatschmohn		●		
A.-Vergissmeinnicht		● <sup>2</sup>		● <sup>3</sup>	Klettenlabkraut		● <sup>2</sup>	● <sup>3</sup>	
Beifuß				●	Kornblume		● <sup>2</sup>		● <sup>3</sup>
Ehrenpreise		●			Phacelia		●		
Erdrauch		●			Storchschnabel				●
Franzosenkraut	● <sup>2</sup>	● <sup>3</sup>			Taubnessel		● <sup>2</sup>	● <sup>3</sup>	
Gänsedistel				●	W. Gänsefuß		● <sup>2</sup>		● <sup>3</sup>

1= nur voll ausgewachsene Pflanzen sind bekämpfbar;

2= bis 6-8 Blätter;

3= größere Pflanzen;

4= große Pflanzen nicht immer sicher bekämpfbar

(Quelle: Produktinformationen 2018, Monsanto)

Unkräuter und Ungräser benötigen je nach Art, Anzahl und Entwicklungsstadium unterschiedliche Mengen an Glyphosat für eine sichere Bekämpfung. Die Tabellen 1 und 2 enthalten eine Übersicht zu den erforderlichen Aufwandmengen bei ausgewählten Pflanzenarten.

Die notwendigen Glyphosat-Mengen schwanken je nach Pflanzenart zwischen 40 % und 100 % der vollen Aufwandmenge. In vielen Fällen sind bereits 60 % (ca. 1.000 g/ha Wirkstoff) der zugelassenen Aufwandmenge für eine sichere Wirkung ausreichend. Damit lassen sich bei entsprechender Verunkrautung deutliche Einsparungen vornehmen.

Weniger gut bekämpfbar mit Glyphosat-Herbiziden sind z. B. Ackerwinde, Ausfallerbse, Kartoffeldurchwuchs, Luzerne, Windenknöterich, Kleine Brennessel und Weißklee. Bei diesen Pflanzenarten muss auf alternative Bekämpfungsverfahren und/oder andere Herbizide ausgewichen werden.



Die Festlegung der tatsächlich notwendigen Aufwandmenge sollte anhand von Unkrautbonituren vor der Glyphosat-Anwendung getroffen werden. Eine schematische und undifferenzierte Festlegung der Aufwandmenge ist überzogen und damit nicht gerechtfertigt.

### **3.2 Optimale Spritzbrühe**

Hartes ( $> 14$  °dH) und kaltes ( $< 10$  °C) Wasser für die Herstellung der Spritzbrühe mit Glyphosat-Herbiziden reduziert deren Wirksamkeit und erfordert dadurch höhere Aufwandmengen. Deshalb sollte man auf geeignetes, weiches Wasser ausweichen. Für die Spritzung ist eine Wassermenge im Bereich zwischen 100 und 200 l/ha günstig. Diese Wassermenge sichert eine optimale Konzentration des Wirkstoffs in der Spritzbrühe und fördert damit die Wirkung.

### **3.3 Verwendung Zusatzstoffe**

Zusatzstoffe können die Wirkung von Glyphosat tendenziell steigern. Das in dieser Hinsicht bisher bewährte Schwefelsäure Ammoniak (SSA) kann aufgrund neuer Regelungen im Düngerecht nicht mehr verwendet werden. Zusatzstoffe wie Mero oder Kantor, bieten eine ähnlich gute Wirkung wie SSA und eignen sich zur Absicherung der Unkrautwirkung bei verringerten Glyphosat-Mengen (Abbildung).



Wasserqualität, Brühemenge und Zusatzstoffe beeinflussen erheblich die Wirkung von Glyphosat-Herbiziden. Die Beachtung der Hinweise zur optimalen Spritzbrühe sichert einen guten Bekämpfungserfolg und ermöglicht die Einsparung von Wirkstoffmengen.

### Wirkung auf Ausfallraps nach 21 d

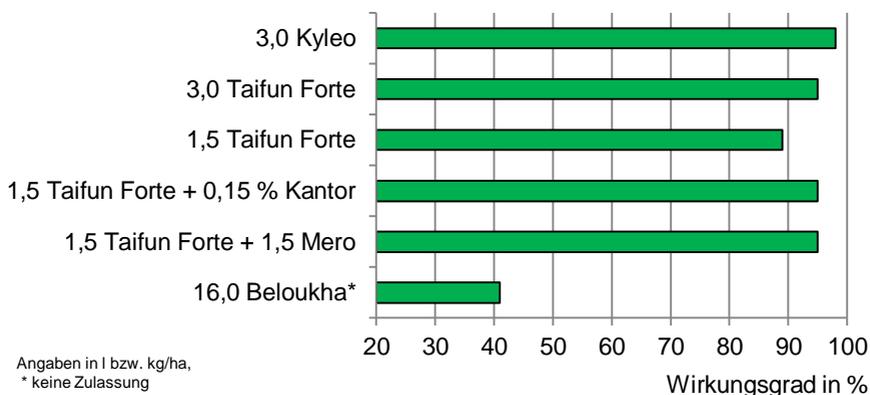


Abbildung 1: Wirkung von Herbiziden bei Verwendung von Zusatzstoffen (Versuche 2017 - 2018; n= 2 - 5)

### 3.4 Teilflächenbehandlung

Die teilflächenspezifische Ausbringung setzt eine flächendeckende Kenntnis der Verunkrautung auf dem Schlag voraus. Es ist daher notwendig, entsprechende Bonituren zum vorkommenden Bewuchs durchzuführen. Areale mit schwer bekämpfbaren Wurzelunkräutern (z. B. Quecken) können abgesteckt und danach separat mit Glyphosat-Herbiziden behandelt werden. Erste Erfahrungen liegen auch mit der Verwendung von Sensoren (z. B. an Drohnen) vor. Die gewonnenen Daten können dann in Form von Applikationskarten zur Programmierung von Pflanzenschutzspritzen genutzt werden.



Mittels Teilflächenbehandlungen können nicht nur Herbizidkosten eingespart werden, auch mögliche Umweltbeeinträchtigungen verringern sich.

### 3.5 Moderne Spritztechnik

Durch die verlustarme Ausbringung mit moderner Spritztechnik kann die Anwendung von Glyphosat-Herbiziden reduziert werden. Moderne Spritztechnik verfügt über Systeme, mit denen sehr exakt die gewünschte PSM-Menge auf der Zielfläche ausgebracht werden kann. Dazu gehören z. B. eine automatische Höhenstabilisierung des Spritzgestänges zur Einhaltung des Zielflächenabstandes, eine Einzeldüsenschialtung zur Vermeidung von Doppelbehandlungen sowie die Verwendung von Mehrfachdüsenträgern. Letztere ermöglichen die automatisierte Nutzung eines abdriftmindernden Modus im Randbereich, wodurch Verluste durch Abdrift sowie unerwünschte Effekte auf Nichtzielflächen minimiert werden.



Investitionen in moderne Sensor- und Spritztechnik lohnen sich. Diese Technik trägt mit dazu bei, Herbizidmengen bei gleicher Wirkung reduzieren zu können.

### 3.6 Gezielte Verwendung

Der allgemeine Unkrautdruck in landwirtschaftlichen Kulturen lässt sich durch verschiedene Maßnahmen des Acker- und Pflanzenbaus reduzieren. Mit angepasster Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Sortenwahl, Düngung und ggf. Herbizideinsatz besteht die Möglichkeit, Unkrautungsprobleme auf den Ackerflächen zu verringern. Beispiele für geeignete Maßnahmen sind:

- Minimierung des Unkrautbesatzes in den Fruchtfolgegliedern durch sachgerechte Pflege der Bestände und durch gezielten Einsatz von selektiven Herbiziden
- Anteil Winterkulturen in der Fruchtfolge verringern und den Anbau von Sommerkulturen ausdehnen
- Verwendung geeigneter Winterzwischenfrüchte, die für die Etablierung der Nachfrucht wenige Probleme bereiten.

Der Wirkstoff Glyphosat verfügt über wichtige agronomische Vorteile. Dazu gehören die systemische Wirkung (Bekämpfung von Quecken möglich) sowie der schnelle Abbau im Boden (Neubestellung kann unmittelbar nach der Spritzung erfolgen). Glyphosat-Herbizide sind auch unter ungünstigen Bedingungen (feuchtes Wetter bei der Stoppelbearbeitung) wirkungssicher und ermöglichen eine kostengünstige Unkrautbekämpfung nach der Ernte ohne Eingriff in den Boden. Aus diesen Gründen werden Glyphosat-Herbizide derzeit als unverzichtbar in folgenden Situationen angesehen:

- Bekämpfung von Wurzelunkräutern (Teilflächenbehandlung)

- zur Sicherung der Unkrautbekämpfung nach der Ernte auf Flächen mit Erosionsgefährdung
- Bekämpfung von resistenten Ungräsern (Windhalm/Ackerfuchschwanz) im Resistenzmanagement
- zur Sicherung der Ackerhygiene beim Rapsanbau unter schwierigen Bedingungen (nasses Jahr, Minutenboden).

## **4 Mechanische Unkrautbekämpfung als Alternative zum Glyphosat-Einsatz**

### **4.1 Allgemeine Hinweise**

Nach der Ernte der Kulturen kann in vielen Fällen (z. B. Flächen mit intensiver Bodenbearbeitung) auf Glyphosat-Herbizide verzichtet werden. Die Auswahl des jeweiligen Bodenbearbeitungsgerätes hängt von vielen speziellen regionalen und betrieblichen Faktoren ab. Vor allem die Bodenart, das Relief, die Flächengröße, der Steinbesatz und auch die Fruchtfolge beeinflussen die Funktion und Leistungsfähigkeit dieser Gerätetechnik.

Betriebliche Erfahrungen zeigen, dass unter günstigen (trockenen) Witterungsbedingungen eine sichere Bekämpfung des Ausfallrapses komplett mit mechanischen Maßnahmen erfolgen kann. Wichtig dabei ist die Verwendung von leistungsfähigen Geräten (z. B. Grubber, Kurzscheibeneggen, Striegel) mit der korrekten Maschinen-Einstellung. Der Geräteeinsatz muss ein möglichst komplettes, flaches Abschneiden und Beseitigen des Bewuchses garantieren.

### **4.2 Ergebnisse der Maschinenvergleichs 2018 und 2019**

Im Rahmen des Thüringer Projektes „Minimierungsstrategie - Glyphosat“ wurden zu den Ackerbauforen 2018 im Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut (TLPG) Buttstedt sowie 2019 in der Landwirtschafts GmbH Ifta in Creuzburg eine Vielzahl an Bodenbearbeitungsgeräten zur Bekämpfung von Ausfallraps getestet. Die unterschiedlichen Standortbedingungen sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

An beiden Standorten wurde der Maschinenvergleich als einfach wiederholte Streifenanlage angelegt. Dabei erfolgte der Vergleich der Glyphosat-Anwendung mit 11 bzw. 12 verschiedenen Bodenbearbeitungsgeräten. Eine Übersicht über die eingesetzten Maschinen an den einzelnen Standorten bietet die Tabelle 4. Die Bearbeitungstreifen wurden in zwei Abschnitte unterteilt. In einem ersten Abschnitt fand quer zur Bearbeitungsrichtung ein vorgelagerter Mulcheinsatz statt (Mulchbereich). Dieser diente zur Unterstützung der mechanischen Bekämpfungsleistung der nachfol-

genden Bodenbearbeitung und stellt ein kombiniertes Verfahren aus Mulch- und Bodenbearbeitung dar.

**Tabelle 3: Beschreibung der Standorte 2018 und 2019**

Standort	2018	2019
Betrieb / Standort	Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut Buttstedt (Thüringer Becken)	Landwirtschafts GmbH Ifta Creuzburg (Westthüringen)
Bodenart	Sandiger Lehm	Lehm bis lehmiger Ton
Ackerzahl	43-70	36-48
Niederschlag	535 mm / Jahr	581 mm / Jahr
Höhe	220 m	420 m
Sonstiges	Kaum Steine	Sehr steinig und hängig
Ausfallraps	Max. 25 cm, BBCH 12-16, ca. 350 Pflanzen/m <sup>2</sup>	Max. 10 cm, BBCH 10-14, ca. 760 Pflanzen/m <sup>2</sup>

Der zweite Abschnitt wurde nur mit den Bodenbearbeitungsgeräten bearbeitet (Stoppelbereich). Nach erfolgter Bodenbearbeitung wurde die organische Substanzauflage mit der Schnurmethode nach WINNIGE et al. im Mulchbereich und Stoppelbereich erfasst. Für die Beurteilung der Arbeitstiefe wurde in allen Bearbeitungstreifen ein ca. 5 m langes Querprofil freigelegt und vermessen. Abschließend erfolgte die Bewertung die Wirkungsgrade auf den Ausfallraps im Mulch- sowie Stoppelbereich. Die Ergebnisse sind bei den nachfolgenden Maschinen einzeln aufgelistet.

Der ausführliche Projektbericht zum Maschinenvergleich ist unter [http://www.tll.de/www/daten/veranstaltungen/materialien/kolloquien/gly20\\_2.pdf](http://www.tll.de/www/daten/veranstaltungen/materialien/kolloquien/gly20_2.pdf) zu finden.

Insgesamt lassen die Ergebnisse des Maschinenvergleichs erkennen, dass unter den optimalen Witterungsbedingungen der Jahre 2018 und 2019 eine sichere Bekämpfung des Pflanzenaufwuchses auf der Stoppel (einschließlich Ausfallraps) an den Standorten Buttstedt und Creuzburg analog der Glyphosat-Anwendung möglich war. Die verwendeten Grubber verfügten im Vergleich zu den Scheibeneggen über eine höhere Wirksamkeit bei der Beseitigung von Ausfallraps. Im Weiteren erfolgt eine Vorstellung der im Maschinenvergleich eingesetzten Technik.

**Tabelle 4: Übersicht über die im Maschinenvergleich eingesetzten Maschinen**

Modell	Art	Standort	
		2018 Buttelstedt	2019 Creuzburg
<b>Grubber</b>			
Treffler	Präzisionsgrubber	x	
Väderstad Swift	Feingrubber	x	x
Kerner Stratos SA	Ultraflachgrubber	x	x
Horsch Cruiser 6 XL	Flachgrubber	x	x
Köckerling Allround flatline 750	Feingrubber		x
Farmet Fanttom 650 Pro	Flachgrubber		x
Güttler SuperMaxx 60-7 Bio	Flachgrubber		x
Köckerling Vario	Exaktgrubber	x	
<b>Scheibeneggen</b>			
Amazone Catros+ 8003-2TX	Kurzscheibenegge	x	x
Horsch Joker 8 RT	Kurzscheibenegge	x	x
Lemken Helidor 9	Kurzscheibenegge	x	
Bednar Swiftdisk XO_F	Kurzscheibenegge	x	
Väderstad Carrier CrossCut-ter Disc	Kurzscheibenegge	x	x
Farmet Rubin 10/500 KUA	Kurzscheibenegge		x
<b>Sonderbauformen</b>			
Heko Ringschneider	Ringschneider	x	
Amazone Ceus 5000-2TX	Scheibeneggen-Grubber-Kombi		x

#### 4.2.1 Grubber

<b>Modell</b>	Treffler TG	<b>Typ</b>	Präzisionsgrubber
<b>Anzahl Balken</b>	4	<b>Strichabstand</b>	17,7 cm

**Bemerkungen:** durch 26 cm Gänsefußschare erreicht er mit 8 cm die höchste Scharüberlappung; Einebnung übernehmen Zustreicher; Rückverfestigung erfolgt durch 600 mm Doppelping-Packerwalze mit 3-balkigem Striegel



#### Ergebnis:

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	99
Mulchbereich	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	65
Mulchbereich	66
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	6

Die Beseitigung des Ausfallrapses gelang sehr gut. Infolge der konstanten Tiefenführung und der 26 cm breiten Schare hinterließ der Grubber ein markantes Bearbeitungsrelief mit geringen Niveauunterschieden. Die Konstruktionsweise ist generell anfällig für Verstopfung durch Langstroh. Insgesamt erzeugte der Treffler TG zusammen mit dem Köckerling Vario 2018 aber das beste Arbeitsbild.

<b>Modell</b>	Väderstad Swift	<b>Typ</b>	Feingrubber
<b>Anzahl Balken</b>	3	<b>Strichabstand</b>	19,3 cm

**Bemerkungen:** jeder der 3 Balken besitzt zwei Zinkenreihen, damit ergibt sich eine 6 reihige Maschine, ausgestattet mit 23 cm Gänsefußscharen wird eine 5 cm breite Überlappung erreicht; zur Einebnung dienen hydraulisch einstellbare Sternverteiler und ein mechanisch einstellbarer Nachstriegel



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %		
Stoppelbereich	99	100
Mulchbereich	100	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %		
Stoppelbereich	70	62
Mulchbereich	59	59
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	9	8

**2018:** Alle Rapspflanzen wurden komplett abgeschnitten. Durch die stark vibrierenden Zinken des Swifts entstand eine unebene Bearbeitungssohle mit 7 bis 12 cm Arbeitstiefe. Durch Vibration der Zinken verblieben im Gegensatz zur rollenden Bewegung der Scheiben mehr leichte Strohreste an der Oberfläche. Zusätzlich erhöhte sich der Anteil an Feinerde, wodurch die Oberfläche insgesamt homogener wirkte.

**2019:** Die Maschine kam auch auf harten und steinigem Boden sehr gut zurecht. Die Vibrationszinken arbeiteten zuverlässig, alle Pflanzen und Stängel wurden vollständig geschnitten.

<b>Modell</b>	Kerner Stratos SA	<b>Typ</b>	Ultraflachgrubber
<b>Anzahl Balken</b>	4	<b>Strichabstand</b>	15 cm

**Bemerkungen:** Zinkenfeld wird im Parallelogramm geführt, ist hydraulisch in Tiefe verstellbar, davor läuft hydraulisch verstellbare Xcut Messerwalze, gefolgt von gewellten Schneidscheiben, Sternverteiler ebenen Boden nach dem Zinkenfeld gut ein, zur Rückverfestigung war Maschine mit Crackerwalze CW651 ausgestattet



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad in %</b>		
Stoppelbereich	98	100
Mulchbereich	98	100
<b>Organische Substanzauflage in %</b>		
Stoppelbereich	42	62
Mulchbereich	36	62
<b>Mittlere Arbeitstiefe in cm</b>	5	7

**2018:** Mit 3 bis 8 cm Arbeitstiefe verblieben vor allem in vertieften Beernungsspuren und Fahrgassen Bereiche, in denen die Rapspflanzen nicht ausreichend zerstört werden konnten. Die vorlaufende Messerwalze sorgte auch in der Stoppelvariante für ausreichend zerkleinertes Rapsstroh. Leider zeigte sich die Bodenoberfläche teilweise uneben.

**2019:** Die Maschine kam auf dem stark ausgetrockneten Boden sehr gut zurecht. Dank Federpaket konnte die Arbeitstiefe relativ konstant gehalten werden. Gänsefußschare schnitten alle Stängel und Pflanzen gut ab. Die vorlaufende Messerwalze sorgte dafür, dass im Stoppelbereich die Rapsstängel gut zerkleinert wurden.

<b>Modell</b>	Horsch Cruiser 6 XL	<b>Typ</b>	Flachgrubber
<b>Anzahl Balken</b>	6	<b>Strichabstand</b>	15 cm

**Bemerkungen:** mit 5 cm breiten Schmalscharen ausgestattet; besaß keine ganzflächig schneidenden Werkzeuge, zur Einebnung dienten Hohl-scheiben, zur Rückverfestigung eine 550 mm Doppelroll-Packwalze



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %		
Stoppelbereich	95	100
Mulchbereich	95	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %		
Stoppelbereich	61	52
Mulchbereich	50	51
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	9	10

**2018:** Zwischen den Zinken befand sich ein ca. 10 cm breiter Bereich, in dem keine ausreichende Beseitigung des Ausfallrapses erfolgte. Dies führte dazu, dass teilweise noch in Reihe stehende Rapspflanzen festgestellt wurden. Dieser Effekt konnte aber aufgrund einer relativ großen Arbeitstiefe gemindert werden, was zu einer stärker gewellten Bearbeitungssohle führte.

**2019:** Die Gänsefußschare schnitten alle Stängel und Pflanzen vollständig ab. Die gemessene Arbeitstiefe schwankte zwischen 8 und 14 cm. Damit arbeitete er im Mittel am tiefsten der teilnehmenden Maschinen.

<b>Modell:</b>	Köckerling All-round flatline 750	<b>Typ:</b>	Feingrubber
<b>Anzahl Balken</b>	6	<b>Strichabstand</b>	13 cm

**Bemerkungen:** Arbeitstiefe wird über 4 hydraulisch einstellbare Stützräder vorn sowie der Doppel STS Walze hinten reguliert, als Vorläufer diente eine Messerwalze, als Nachläufer ein 1-reihiger Nachstriegel



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	98
Mulchbereich	99
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	78
Mulchbereich	82
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	6

Die Arbeitstiefe konnte aufgrund der vielen Gesteinsplatten nicht immer eingehalten werden. Die durchschnittliche Arbeitstiefe von 6 cm war dennoch sehr zufriedenstellend. Er hinterließ auch sehr hohe Substanzmengen an der Bodenoberfläche, die gleichmäßig verteilt wurden.

<b>Modell</b>	Farmet Fantom 650 PRO	<b>Typ</b>	Flachgrubber
<b>Anzahl Balken</b>	5	<b>Strichabstand</b>	19 cm

**Bemerkungen:** mittels Schnellwechselsystem waren Leitbleche und 23 cm Gänsefußschare montiert, zudem ausgestattet mit einem vorlaufenden hydraulisch verstellbaren Flexi-Board sowie gezackten Einebnungsscheiben nach dem Zinkenfeld, zur Rückverfestigung diente eine SDR Scheibenwalze, soll ohne Walze gearbeitet werden, kann diese problemlos abmontiert werden



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	100
Mulchbereich	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	70
Mulchbereich	64
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	8

Die montierten Gänsefußschare schnitten alle Stängel und Pflanzen sauber ab. Die Arbeitstiefe konnte allerdings nicht so gut eingehalten werden. Niveauunterschiede schwankten von 5 – 12 cm, die Profilsole war daher recht uneben. Die organische Substanz war in der Stoppelvariante leicht erhöht, da die langen Stängel hier schwerer einzuarbeiten waren.

<b>Modell:</b>	Güttler Super Maxx 60-7 Bio	<b>Typ:</b>	Flachgrubber
<b>Anzahl Balken</b>	7	<b>Strichabstand</b>	13 cm

**Bemerkungen:** 45 Doppelblattfederzinken ordnen sich auf 7 Balken an, mit 180 mm montierten Gänsefußscharen wurde Überlappung von 5 cm erreicht, 4 Stützräder sorgen für präzise Tiefenführung, leichte Bauweise erfordert geringen Zugkraftbedarf, ist lediglich mit einem nachlaufenden Doppelstriegel ausgestattet



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	100
Mulchbereich	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	57
Mulchbereich	49
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	9

Maschine drang gut in Boden ein und hielt die Arbeitstiefe mit 5 cm Niveauunterschied relativ konstant. Die montierten Gänsefußschare schnitten alle Stängel und Pflanzen vollständig ab. Aufgrund der fehlenden Nachlaufwalze hinterließ die Maschine einen sehr lockeren Bearbeitungshorizont.

<b>Modell</b>	Köckerling Vario	<b>Typ</b>	Exaktgrubber
<b>Anzahl Balken</b>	8	<b>Strichabstand</b>	13 cm

**Bemerkungen:** ausgestattet mit 18 cm Gänsefußschare wird eine 5 cm breite Überlappung erreicht; Einebnung durch Blattfedernivitatoren, zur Rückverfestigung kommt eine STS-Walze in Kombination mit Striegelbalken zum Einsatz



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	92
Mulchbereich	97
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	80
Mulchbereich	72
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	4

Hinterließ eine sehr flache und einheitliche Bearbeitungssohle. Durch die flache Arbeitstiefe wurden vor allem in Fahrspurvertiefungen noch Restpflanzen festgestellt. Infolge dieser flachen Bearbeitung der Ackerkrume verblieb ein sehr hoher Anteil an organischer Substanz auf der Bodenoberfläche.

## 4.2.2 Scheibeneggen

<b>Modell</b>	Amazone Catros+ 8003-2TX	<b>Typ</b>	Kurzscheibenegge
<b>Größe Hohlscheiben</b>	510 mm	<b>Strichabstand</b>	12,5 cm

**Bemerkungen:** Tiefeneinstellung der Scheibenfelder erfolgt über 3 Hydraulikzylinder, die großen Tasträder vorn sorgen für gleichbleibende Arbeitstiefe und verhindern Aufschaukeln, 650 mm Keilringwalze mit Matrixprofil zur Rückverfestigung



### Ergebnis:

Jahr	2018	2019
<b>Wirkungsgrad</b> in %		
Stoppelbereich	95	91
Mulchbereich	98	91
<b>Organische Substanzauflage</b> in %		
Stoppelbereich	38	74
Mulchbereich	23	74
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	12	6

**2018:** Bei einer Arbeitstiefe von 10 bis 15 cm im Wellenprofil gelangen sehr gute Wirkungsgrade im gemulchten Rapsbestand sowie eine gute Bekämpfungsleistung in der Stoppelvariante. Die große Arbeitstiefe hatte aber zur Folge, dass weniger organisches Material an der Oberfläche verblieb.

**2019:** Extrem hohes Gesteinsvorkommen verhinderte zum Teil großflächig das Eindringen der Maschine in den Boden. Um Eingriff in Boden zu erreichen, wurde Maschine sehr aggressiv eingestellt. Die Arbeitstiefe schwankte deshalb sehr stark. Dennoch konnte noch ein zufriedenstellender Wirkungsgrad gegen Ausfallraps erreicht werden.

<b>Modell</b>	Horsch Joker 8 RT	<b>Typ</b>	Kurzscheiben- egge
<b>Größe Hohl­scheiben</b>	520	<b>Strichabstand</b>	12,5 cm

**Bemerkungen:** gezackten Hohl­scheiben sind paarweise an den gummi­gepuff­ten Aufhängungen montiert, Tiefenführung erfolgt hydraulisch über Stütz­räder vorn und Doppel RollPack Packer hinten



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %		
Stoppelbereich	87	100
Mulchbereich	90	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %		
Stoppelbereich	49	64
Mulchbereich	36	56
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	8	8

**2018:** Bei der Bearbeitung entstand ein typisches Wellenprofil mit 5 bis 12 cm Arbeitstiefe. Trotz ganzflächiger Bearbeitung gelang es bei dieser Variante nicht, alle Rapspflanzen komplett abzuschneiden. Auf der Bodenoberfläche hinterließ das Gerät ausreichend organische Substanz zum Erosionsschutz und dank der zusätzlichen Messerwalze wurden alle Stroh- und Pflanzenteile auch in der Stoppelvariante ausreichend zerkleinert.

**2019:** Das Gerät arbeitete in einem zunehmend stark steinig werdenden Bereich. Die Bearbeitungstiefen schwankten zwischen 2 und 12 cm. Die Ausfallrapsbeseitigung gelang dennoch sehr zufriedenstellend.

<b>Modell:</b>	Lemken Heliodor 9	<b>Typ:</b>	Kurzscheiben- egge
<b>Größe Hohlscheiben</b>	510 mm	<b>Strichabstand</b>	12,5 cm

**Bemerkungen:** gezackte Hohlscheiben (16,5° Anstellwinkel); zur präzisen Tiefenführung ist jede Scheibe einzeln mit Blattfedern am Rahmen befestigt, 540 mm Doppelprofil-Ringwalze zur Rückverfestigung



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	78
Mulchbereich	90
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	50
Mulchbereich	31
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	5

Hinterließ vor allem in der Stoppelvariante ein schlechtes Arbeitsbild. Nicht ausreichend bekämpfte Rapspflanzen sowie stehengebliebene Rapsstängel wiesen auf eine nicht flächige Bodenbearbeitung hin. Ursache dafür war sehr wahrscheinlich die mit 4 bis 7 cm doch eher geringe Arbeitstiefe. Fehlende Nachläufer- bzw. Einebnungswerkzeuge hinterließen eine eher unebene und grobklutige Bodenoberfläche.

<b>Modell:</b>	Bednar Swifterdisk XO_F	<b>Typ:</b>	Kurzscheiben- egge
<b>Größe Hohl­scheiben</b>	520 mm	<b>Strichabstand</b>	12,5 cm

**Bemerkungen:** gewellte Hohl­scheiben (16,5° Anstellwinkel); V-Ringwalze dient zur Rückverfestigung



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	75
Mulchbereich	85
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	58
Mulchbereich	37
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	6

Hier wurde die zweitgrößte Anzahl an nicht ausreichend bekämpften Rapspflanzen ermittelt. Ursache dafür war die flache Bodenbearbeitung von 3 bis 8 cm im Wellenprofil. Hier hätte eine tiefere Bearbeitung zu einer besseren Bekämpfung des Ausfallrapses geführt. Mit dem vorangestellten Mulchen konnten mehr Stoppelreste eingearbeitet werden.

<b>Modell:</b>	Väderstad Carrier CrossCutter Disc	<b>Typ:</b>	Kurz- scheibengge
<b>Größe Cross Cutter Disc</b>	450 mm	<b>Strichabstand</b>	12,5 cm

**Bemerkungen:** besondere Form der Scheiben für intensive Bearbeitung/Durchmischung bei möglichst flacher Arbeitstiefe; Arbeitstiefe der Scheibensegmente wird über 3 in Reihe geschaltete Hydraulikzylinder geregelt, jede Scheibe hängt einzeln an einem gummigedämpften Scheibenarm, wodurch Arbeitstiefe gleichmäßig eingehalten wird, Single-Steel-Runner-Walze zur Rückverfestigung



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %		
Stoppelbereich	60	94
Mulchbereich	75	95
<b>Organische Substanzauflage</b> in %		
Stoppelbereich	84	78
Mulchbereich	81	73
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	5	3

**2018:** Zahlreiche Rapspflanzen wurden vor allem in Fahrspurvertiefungen nicht ausreichend erfasst. Das Bearbeitungsprofil zeigte die niedrigsten Niveauunterschiede im ganzflächigen Schnitt. Die Cross Cutter Disk hinterließ auffällig viel Schoten- und Stängelreste an der Bodenoberfläche.

**2019:** Maschine arbeitete am flachsten. Der Ausfallraps und Altrapstängel konnten nicht immer sauber geschnitten werden. Die rollende und gleichzeitig schneidende Wirkung der sehr flach arbeiteten Cross Cutter Disk förderte kaum Gesteine an die Bodenoberfläche.

<b>Modell:</b>	Farmet Softer 8 PS	<b>Typ:</b>	Kurzscheiben- egge
<b>Größe Hohlschreiben</b>	560 mm	<b>Strichabstand</b>	12 cm

**Bemerkungen:** jede Schreibe wird von einem gummigelagerten Arm geführt, wodurch gute Bodenanpassung gewährleistet ist, Maschine wird über 4 Hydraulikzylinder an der Nachlaufwalze in die Tiefe geführt, SDR-Walze zur Rückverfestigung



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	100
Mulchbereich	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	53
Mulchbereich	45
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	8

Vereinzelt wurden einzelne Pflanzen nicht erfasst. Im freigelegten Bodenprofil wurden Tiefen von 2 und 13 cm gemessen. Aufgrund der stellenweise hohen Eingriffsintensität betrug die Substanzauflage in der Mulchvariante nur 45 %, in der Stoppelvariante 53 %. Dies waren im Mittel die niedrigsten Werte.

<b>Modell:</b>	Lemken Rubin 10/500 KUA	<b>Typ:</b>	Kurzscheiben- egge
<b>Größe Hohlscheiben</b>	645 mm	<b>Strichabstand</b>	12,5 cm

**Bemerkungen:** mit größten Scheiben im Teilnehmerfeld ausgestattet, Tiefenführung erfolgt hydraulisch über die Position der Nachlaufwalze, als Vorläufer ein Strohtriegel montiert, Doppelprofilringwalze war als Rückverfestigung montiert



<b>Ergebnis:</b>	
<b>Jahr</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	99
Mulchbereich	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	57
Mulchbereich	56
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	8

Alle Pflanzen und Stängel wurden vollständig geschnitten. Arbeitstiefe von durchschnittlich 8 cm wurde durch vorgespannte Feder Elemente gut gehalten. Flacher arbeitete die Maschine nur beim Auftreffen auf Gestein. Die Bodenoberfläche war Dank des Nivelliertriegels sehr eben.

### 4.2.3 Sonderbauformen

<b>Modell:</b>	Heko Ringschneider	<b>Typ:</b>	Ringschneider
----------------	--------------------	-------------	---------------

**Bemerkungen:** 3-balkig; auf 1. Balken sind mit 60 cm Abstand 31,5 cm breite Flachscharre angebracht; Durchmischung und Bearbeitung des Bodens übernehmen die auf zwei Balken montierten 850 mm großen Ringschneider; komplettiert wird das Gerät durch eine 550 mm Federstegwalze; zusätzlich wurde mit eine Messerwalze im Frontanbau des Traktors gearbeitet



**Ergebnis:**

Jahr	2018
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	99
Mulchbereich	98
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	68
Mulchbereich	45
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	7

**Ergebnis:** Durch die ganzflächige Durchtrennung des Bodens mit Schneidringen konnte die Maschine nahezu alle Rapspflanzen bekämpfen. Zusätzlich wurde die schneidende Wirkung durch die breiten Flachscharre unterstützt. Die Messerwalze im Frontanbau des Traktors sorgte im Vorgang für ausreichende Zerkleinerung der Rapsstoppeln, wodurch ein Verstopfen der Schneidringe vermieden wurde.

<b>Modell:</b>	Amazone Ceus 5000-2TX	<b>Typ:</b>	Scheibeneggen-Grubber-Kombi
----------------	-----------------------	-------------	-----------------------------

**Bemerkungen:** kombinierte Maschine bestehend aus Kurzscheibenegge und 3 balkigen Zinkenfeld, vorlaufende Scheibenfeld besitzt 510 mm gezackte Hohl-scheiben, mit C-Mix Super Zinken bestückt, Strichabstand 40 cm, zur Einebnung laufen vor der 65 mm Keilringwalze gezackte Einebnungsscheiben, sowohl das Scheiben- und Zinkenfeld als auch die Einebnungseinheit sind jeweils hydraulisch in der Tiefe verstellbar, separates Arbeiten nur mit Scheiben oder nur mit Zinken möglich



**Ergebnis:**

<b>Jahr</b>	<b>2019</b>
<b>Wirkungsgrad</b> in %	
Stoppelbereich	100
Mulchbereich	100
<b>Organische Substanzauflage</b> in %	
Stoppelbereich	59
Mulchbereich	54
<b>Mittlere Arbeitstiefe</b> in cm	9

Die Maschine hatte einen sehr steinigen Boden zu bearbeiten. Dennoch konnten nahezu alle Rapspflanzen beseitigt werden. Entscheidend war hier die zusätzlich zum Scheibeneggensegment schneidende Wirkung der 3 Zinkenreihen. Die Arbeitstiefe im Bearbeitungsprofil schwankte zwischen 6 und 13 cm.

#### 4.2.4 Gesamteinschätzung des Maschinenvergleichs

Bei den **Grubbern** erfolgte eine flache Bearbeitung mit ganzflächigem Schnitt. Dies wurde durch flach angestellte und sich überlappende Gänsefußschare realisiert. Die Vibration der Federzinken erwies sich als ein weiterer Vorteil der Grubber. Dadurch wird viel Feinerde erzeugt, die die Pflanzenreste bzw. nur teilweise geschädigte Pflanzen ausreichend abdeckt. Auf ein vorgelagertes

Mulchen kann beim Einsatz von Grubbern i.d.R. verzichtet werden. Das Mulchen wirkt sich nur bei zu flacher Bearbeitung positiv auf die Wirksamkeit der Ausfallrapsbekämpfung aus. Mit dem hohen Steingehalt 2019 kamen die Grubber aufgrund ihrer schneidenden Wirkungsweise besser zurecht als die beteiligten Scheibeneggen. Allerdings förderten diese Maschinen mehr Steine an die Bodenoberfläche, was wiederum zu agrotechnischen Problemen bei der Aussaat der Folgekultur führen kann.

Bei den **Scheibeneggen** war der Bekämpfungserfolg maßgeblich von einer größeren Arbeitstiefe der Geräte abhängig. Vor allem der hohe Steingehalt am Standort Creuzburg (2019) verminderte die Wirkungsgrade bei den Scheibeneggen. Durch einen vorangestellten Mulch-Arbeitsgang konnte die Wirksamkeit vor allem am Standort Buttelstedt (2018) erheblich verbessert werden.

Der Einsatz von Gänsefußscharen, eine vorlaufende Messerwalze, verstärkte Grubberzinken mit verbesserten Vibrationseigenschaften, Federelemente zur Überlastsicherung an Scheibeneggen sind einige innovative Lösungen, die teilweise bekannt sind oder neu entwickelt wurden, um die Effektivität bei der Bodenbearbeitung zu verbessern und wieder stärker in den Vordergrund rücken.



Die Maschinenvergleiche an den beiden Standorten zeigten, dass eine **effektive Ausfallrapsbekämpfung auch ohne Glyphosatanwendung möglich** ist. Dabei erzielten die Grubber im Vergleich zu den Scheibeneggen eine bessere Wirksamkeit bei der Ausfallrapsbekämpfung. In Abhängigkeit von den regionalen und betriebsspezifischen Gegebenheiten sind Unterschiede in der Effizienz bzw. auch in der Wirtschaftlichkeit der vorgestellten Maschinen zu erwarten, die vor einem Erwerb der Maschinen detailliert zu prüfen sind.

### 4.3 Erhebungen auf Praxisflächen (2018 und 2019)

Im Rahmen des Teilprojektes „Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz“ wurden in den Jahren 2018 und 2019 an 5 Standorten in Thüringen auf der Rapsstoppel betriebliche Verfahrenslösungen begleitet sowie deren Arbeiterledigungskosten ermittelt. Die Beurteilung erfolgte anhand zweifach wiederholter Streifenanlagen. Die teilnehmenden Betriebe haben hierbei über die eingesetzten mechanischen Verfahren selbstständig entschieden.

Die beiden Untersuchungsjahre 2018 und 2019 waren durch ausgesprochen geringe Niederschläge und vergleichsweise hohe Temperaturen gekennzeichnet. Dies führte in beiden Untersuchungsjahren zu oftmals unterdurchschnittlichen Aufwuchs der Ausfallkultur (Raps). Zudem wirkte die mechanische Bekämpfung des Aufwuchses auf der Stoppel gut, da die Gefahr eines Wiederanwachsens von Pflanzen nicht bestand. Alle Strategien (Glyphosat / Glyphosat-frei) zur Ausfallrapsbekämpfung zeigten in den Jahren 2018 und 2019 in den untersuchten Betrieben gute bis sehr gute Wirkungsgrade.

Der Pflanzenbewuchs auf der Rapsstoppel (Schwerpunkt Ausfallraps) kann chemisch (mit Glyphosat) oder mechanisch (mit Bodenbearbeitungsgeräten, siehe auch Punkt 4.2) beseitigt werden. Beide Maßnahmen verursachen nach der Analyse der vorliegenden Daten ähnliche Kosten im Betrieb (35 bis 40 €/ha). Betriebe, die mit einer mechanischen Stoppelbearbeitung die Verunkrautungsprobleme lösen konnten, hatten somit keine zusätzlichen Kosten im Vergleich zur Glyphosatanwendung. Teilweise musste aber zur sicheren Beseitigung des Ausfallrapses eine zusätzliche Bodenbearbeitung erfolgen. In diesen Fällen entstanden dann Mehrkosten für diesen Arbeitsgang in Höhe von ca. 35 €/ha.

Bei der Betrachtung von Kosten für die mechanische Unkrautbekämpfung im Vergleich zur Glyphosatanwendung müssen nach Erfahrungen aus der Praxis weitere Aspekte Berücksichtigung finden:

- die mechanische Bekämpfung von Bewuchs auf der Rapsstoppel muss termingerecht erfolgen; größere Pflanzen lassen sich schwerer mechanisch beseitigen; dadurch ist die Flexibilität des Betriebes bei der Gestaltung der Arbeitsabläufe im Spätsommer/Herbst eingeschränkt
- die Flächenleistung ist bei der mechanischen Unkrautbekämpfung geringer; Personal wird länger für die Arbeit gebunden und steht nicht für andere Aufgaben zur Verfügung
- aufgrund der verringerten Flächenleistung können Arbeitsspitzen entstehen, die die Einhaltung agrotechnisch optimaler Termine erschweren (was in Nachfolgekulturen Ertragsrelevanz erlangen kann)

- bei ungünstiger Witterung (feuchte Bedingungen) geht die Wirkung von mechanischen Maßnahmen deutlich zurück; das Unkrautproblem wird dann in die Folgekultur verschoben, wodurch sich dort ein erhöhter Herbizideinsatz ergeben kann
- die mechanische Unkrautbekämpfung auf der Stoppel hat nur geringen Einfluss auf eine vorhandene Verunkrautung mit Wurzelunkräutern (vor allem Quecke, Ackerkratzdisteln); hier sind gesonderte Bekämpfungsstrategien mit zusätzlichen Maßnahmen und Aufwendungen im Betrieb notwendig.

Die Quantifizierung dieser Effekte ist schwierig. In der Fachliteratur werden für den Verzicht auf Glyphosat im Nacherntemanagement durchschnittliche Mehrkosten im Bereich von 80 bis 100 €/ha unter Berücksichtigung der o.g. genannten Aspekte genannt. Diese zusätzlichen Kosten müssen zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes an anderer Stelle durch Rationalisierung bzw. durch Erschließung weiterer Reserven gegenfinanziert werden.



Der Ersatz der Glyphosat-Anwendung durch gezielte Bodenbearbeitung erfordert umfangreiche Kenntnisse der natürlichen Standortbedingungen im Betrieb sowie eingehende Gerätekenntnisse. Bei optimalem Einsatz der Bodenbearbeitungstechnik kann es gelingen, Mehrkosten im Vergleich zur Glyphosatanwendung zu vermeiden. Wenn bei der Kostenbetrachtung die zusätzlichen Effekte des Glyphosat-Einsatzes Berücksichtigung finden, muss jedoch von erhöhten Kosten für die mechanische Unkrautbekämpfung ausgegangen werden. Die Höhe dieser Kosten ist abhängig von den betrieblichen Bedingungen (Standortbedingungen, Management etc.).

## 5 Zusammenfassung

Bei allen geplanten Pflanzenschutzmaßnahmen im Betrieb ist stets eine Minimierung des PSM-Einsatzes anzustreben. Das gilt im besonderen Maße für den Einsatz von Glyphosat-Herbiziden. Wichtige Maßnahmen zur Minimierung der Anwendung von Glyphosat enthält die Tabelle 5.

Das größte Einsparpotenzial gibt es bei der Glyphosat-Anwendung auf der Stoppel. Die durchgeführten Untersuchungen (Maschinenvergleich, Praxiserhebungen) zeigen, dass eine sichere Beseitigung von Ausfallkulturen und Unkräutern auch ohne Glyphosat möglich ist. Voraussetzung dafür sind die Einhaltung der agrotechnischen Termine (Pflanzen im Jugendstadium), optimale Wetterbedingungen, die Verwendung geeigneter Bodenbearbeitungstechnik sowie ausreichende Kapazitäten für die mechanische

Stoppelbearbeitung im Betrieb. Damit gestaltet sich das Management von Maßnahmen im Acker- und Pflanzenbau aufwändiger. Kenntnisse über die notwendige und zum Standort passende Maschinenausstattung für die Bodenbearbeitung sind dabei entscheidend für das Gelingen der mechanischen Beseitigung von Pflanzenaufwuchs auf der Stoppel.

**Tabelle 5: Maßnahmen zur Minimierung der Glyphosat-Anwendung**

Maßnahme	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanische Beseitigung des Pflanzenaufwuchses auf der Stoppel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verwendung von zum Standort passenden Bodenbearbeitungsgeräten (Grubber, Scheibeneggen etc.)</li> <li>- Bereitstellung von betrieblichen Kapazitäten zur Einhaltung von agrotechnisch günstigen Terminen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verringerung des allgemeinen Unkrautdrucks im Betrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- angepasste Fruchtfolgen, Verringerung des Anteils an Wintergetreide</li> <li>- sachgerechte Pflege der Kulturen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrenzung des Einsatzes auf unverzichtbare Anwendungssituationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mulch- und Direktsaatverfahren zur Erosionsvermeidung</li> <li>- Bekämpfung von Wurzelunkräutern (weitere Hinweise in Punkt 3.6)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verringerung der Aufwandmenge von Glyphosat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassung der Herbizidmenge an die vorhandenen Pflanzenarten</li> <li>- Verwendung von Zusatzstoffen</li> <li>- Nutzung von geeignetem Spritzwasser</li> <li>- Eingrenzung der Spritzung auf Teilflächen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verwendung moderner Spritztechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzierung der Abdrift auf angrenzende Areale durch spezielle Düsenteknik</li> <li>- Vermeidung von Doppelbehandlungen auf der Fläche durch GPS-Nutzung</li> </ul>